

電信回線の通信品質改善に関する研究

著者	遠藤 正
号	146
発行年	1971
URL	http://hdl.handle.net/10097/11095

氏 名（本籍）	遠 藤 正（山形県）
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 第 1 4 6 号
学位授与年月日	昭和46年11月10日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
最 終 学 歴	昭和30年3月 山形大学工学部機械工学科卒業
学位論文題目	電話回線の通信品質改善に関する研究

（主査）

論文審査委員	教授 佐藤 利三郎 教授 真野 国夫
	教授 大泉 充 郎 教授 斎藤 伸自

論 文 内 容 要 旨

本論文は加入電信などの電信サービス拡張に伴って必要になった電信回線の通信品質を向上させるための研究結果をまとめたもので要約すれば、つぎのとおりである。

第1章は緒論であり、第2章では電信回線の構成を述べた。

第3章以下、第8章までが本論文の主体であって、電信回線の通信品質向上に関する研究結果を述べた。

第3章では電信回線の通信品質をしめす誤字の支配要因を実測によってもとめた。誤字数は電信回線で生ずる符号歪と送受信装置の誤字発生に対する余裕度で表される。このため、まず任意の電信回線を構成する一般的な各部分、すなわち搬送装置、線路、送受信装置、交換装置のそれぞれが生ずる符号歪を多数測定し、その結果を整理して、つぎの事項を明らかにした。

(1) 搬信装置で生ずる符号歪は受信搬送波レベル，検波器回路定数などのパラメータにより（波形振巾，位相時間差が変化するため）異なってくるが，通常状態において発生する符号歪は±4%の範囲内に集中する。

(2) 電信回線で使用する各種伝送路，すなわち有線（無装荷ケーブル，同軸ケーブル），無線回線をとる搬送波が瞬断を生じたとき搬信装置では符号波形が変形するため，とくに大きな符号歪が生じ（6msの断で30%以上の歪）誤字数が増加する。すなわち，万字当りの誤字数，時刻別誤字発生頻度と瞬断発生頻度との関係をしらべたところ，瞬断と誤字の多発時間帯が一致することなど，明らかに重要な関連性がみられた。

(3) 送受信装置で生ずる符号歪は電源電圧をパラメータとし，電源電圧が低下すれば符号長は伸長し，上昇すれば短縮する。通常状態における符号歪は約±4%の範囲に集中する。

(4) 直流線路で生ずる符号歪は線路長がパラメータであって通常+4～6%以内である。

(5) 電信交換装置で生ずる符号歪をしらべた結果，回路部分で生ずる符号歪は無視できる程度に小さい。したがって交換装置で生ずる符号歪は符号中継などに使用している有極継電器によってきまり通常状態で±4%の範囲に集中する。

つぎに電信回線の誤字に対する余裕度を支配する要因をしらべ，その結果

(6) 余裕度は送・受信装置の電気・機械変換部分における受信選択電磁石とアーマチュアの空隙，選択電磁石のアーマチュア・スプリング張力，受信選択部クラッチの起動時間によって支配される。

以上のことを導き誤字支配要因を明確化した。すなわち本章においては電信だけでなくデータ伝送を含めた情報伝送の分野において通信品質向上のための資料を提供するとともに誤字減少をはかるための研究方途を明確化する成果を得た。

第4章では第3章で得た符号歪の各要因について波形解析，統計処理を数式的に表現する方法を研究した。まず搬信装置検波器回路の電信符号波形（信号波Sとバイアス波形B）を解析し，さらに符号歪が波形相互時間関係をきめる遅延時間，波形の大きさをきめる搬送波レベルをパラメータとしてどのようにしめされるかを理論的に解析し，つぎのことを明らかにした。

(7) 搬信装置の基準状態（入力レベル-20dB）において符号波形の位相関係より符号歪を最小にする遅延時間（遅延回路定数設定値できまる）が導かれ，その値は7.75msである。通常状態における符号歪の大きさは遅延時間の初期セット誤差，経時変化，温度，電圧変動を見込んでも6%以下にすることが可能である。

(8) 瞬断が発生した場合，同一時間長の瞬断であっても発生時点が変わると検波器回路における信号，ハイアス両波形の振巾と形状が変化し，これから導かれる出力符号の長さが変化するため符号歪は確率的に変化し統計的分布となる。

(9) 符号歪は一般的に瞬断時間長の多項式でしめされるが第1近似としては一次関数式でしめされ，

実用上の取扱いが容易になる。この一次関数式の係数 L_{τ} は搬信装置の回路構成できまり現用装置の L_{τ} は約 1 となる。

(10) 瞬断を継続時間長別に分類し、その発生頻度をしらべると明らかに規則性が認められ、その分布は関数式で近似できる。その分布は第 1 近似として単調減少形となって指数関数で与えられ、より詳細にしらべると第 2 近似として山形の分布をなしてガンマ分布、またはポアソン分布で与えられる。現用電信回線では指数分布で近似した場合、分布形状をしめす係数 C_{τ} は 0.07、また電話回線（データ伝送を行なう）では 0.25 であった。

(11)、(9)、(10) のように瞬断時間長と符号歪とが関数式でしめされることから、任意の電信回線で生ずる符号歪分布は瞬断発生状況（ C_{τ} ）、搬信装置特性（ L_{τ} ）をパラメータとして一般式でしめされることを導いた。

(12) 電信回線を構成する各部分で生ずる符号歪は、いずれも第 1 近似として正規分布で与えられる。たとえば、搬信装置で生ずる符号歪の平均値と標準偏差は瞬断のない場合に 0% と 2%、瞬断がある場合に 0% と 9% であった。また、有極継電器、送受信装置などから生ずる符号歪は、それぞれ、0% と 1.3%、1.0% と -1% であった。

本章では在来ランダムであると考えられていた瞬断の分布、その符号歪の分布が関数式でしめされることを実証し、これより電信回線の品質を数式的に取扱いうる基礎を確立する成果を得た。

第 5 章では誤字発生などの要因である動作余裕度を送受信装置の運動解析によって理論的に攻め、つぎに実験的に解析して両者がほぼ一致することを確認し、その結果、電信回線の余裕度は約 30% となることを明らかにした。

第 6 章では第 4 章と第 5 章の解析結果を適用し、これらの各部分を直列に接続して得られる電信回線全体で生ずる符号歪分布を理論的にしらべ、つぎに測定を行なって、これを実証し、つぎのことを明らかにした。

(13)、(12) で導いたように瞬断などを含む一般の電信回線各部で生ずる符号歪分布は正規分布であるから電信回線全体で生ずる符号歪分布もまた正規分布となる。

(14) 一般の電信回線全体で生ずる誤字は(13)でもとめた電信回線全体で生ずる符号歪（瞬断などを含む）分布と第 5 章でもとめた余裕度との関係から数式的に（符号歪分布をしめす正規関数の積分式として）もとまる。

(15) したがって任意の電信回線で生ずる誤字数は搬信装置特性（ L_{τ} ）、瞬断発生状況（ C_{τ} ）、電信回線の接続構成区間数（ N ）、誤字発生に対する余裕度（マージン M ）をパラメータとして(14)の誤字をしめす関数式（正規関数積分式）によって定量的にもとまる。

(16) ゆえに、任意の電信回線において誤字数を任意の所要値以下に規制したい場合の瞬断許容回数は(15)より定量的にもとまる。

つぎに、この一般式のパラメータに具体数値を与えて計算した結果を図にしめし、任意の回線について任意の瞬断回数と誤字の関係がただちにもとまるようにした。また、この応用例として誤字数を所要値に規制（たとえばCCITT 勧告では瞬断に起因する誤字を10万字に1字以下に規制）したいときの電信回線の通常状態（余裕度30%、 $C\tau < 0.3$ 、 $L\tau = 1$ ）における瞬断許容回数を定量的にもとめた。

このように第6章では電信回線全体で生ずる符号歪および誤字数を数式的にもとめる一般的方法を明確化する成果を得た。

電信回線の誤字を減少するには瞬断回数の規制とともに各部で生ずる符号歪の規制が必要である。このため、第7章では第6章の結果を適用し瞬断のある一般の電信回線で誤字を所要値以下に規制するため、全回線に許容できる符号歪、およびその符号歪を回線構成各部に配分する方法を明らかにした。さらに、その結果を適用して改善すべき部分の分析を行なった。

まず、第6章の研究によって、つぎのことを明らかにした。

(17) 電信回線で生ずる誤字数は(14)のように関数式でしめされる。したがって誤字数を任意の所要値以下に規制したいとき電信回線全体に許容できる符号歪分布の平均値、標準偏差は(14)の関数式より定量的にもとまる。

さらに、この符号歪を電信回線を構成する各部に配分する場合。

(18) 各部に配分する符号歪はその和が(17)でもとめた全回線に許容できる符号歪になるように配分すればよい。

ことを明らかにした。また、各部への符号歪配分をきめるには(18)の原則のほか、さらに経済性を考慮した以下の方法を並用するのがよいことを明らかにした。

(19) 電信回線構成各部の符号歪を減少するとき保守費、物品費などの上昇をまねく。このため電信回線全体の符号歪改善経費は電信回線構成各部の（符号歪改善による）経費増の和の関数式（多項式）としてもとまる。符号歪の最適配分は、この関数式をとき、所要経費が最小になるように各部分に対する符号歪をきめればよい。

(19)の配分法は式中の構成部分要因数が多くなるため具体計算が複雑になる。このため、さらに、配分式を符号歪改善可能な部分に限定してもとめた。この方法は部分要因数が減少するため取扱が容易となり実用的である。

(20) 符号歪減少が可能な部分に配分される符号歪の標準偏差は電信回線全体に許容できる（誤字数によってきまる）符号歪の標準偏差から改善困難な部分（搬信装置、有極継電器）の偏差をのぞいたものとしてもとまる。

(21) さきの解析結果得られた符号歪配分値と実際の電信回線の符号歪とを比較することにより誤字数を任意の値に規制するために改善すべき部分をもとまる。

この部分分析方法を現用電信回線に適用した結果、改善すべき主な部分は送受信装置（この部分に起因する障害比率は全回線の 79.2%）、伝送路（10.2%）、電信交換装置（3.4%）であり、とくに送受信装置を重点的に改善する必要があるとを明らかにした。

第7章では電信回線に関して瞬断を考慮し、かつ経済的立場から符号歪配分をもとめる方法、および障害部分分析方法を明確化する成果をあげた。

第8章では②によって改善対策を施す必要が明らかになった部分に対して具体的な改善対策を研究した。

たとえば、瞬断を規制するため電信回線の新規開通にあたっては瞬断発生状況を監視し、良好な回線を確保するため回線開通規格（瞬断など）を設定し、この規格に合致する回線のみ開通するようにした。

② 送受信装置については送信符号歪を減少し、または余裕度を維持、向上するため電気・機械変換部分のほか送信部、印字部について回路的、運動学的、強度的解析を行なって新規設計理論を樹立した。たとえば、電気・機械変換部分の起動特性を支配するクラッチの部品折損障害を防止するため、折損原因が停止運動のさい生ずる運動エネルギーが部品の弾塑性変形に消費され、これが累積して折損することを明らかにし、この過剰エネルギー吸収部分の設計式を導いた。

本研究結果には、ただちに現用電信回線に適用して効果をあげたものがある。本研究結果を現用電信回線に適用し、その改善をはかった結果、障害は初期の 1/10 以下になり所望の障害件数より少なくすることができた。

第9章は結論であって本論文の総括、謝辞、参考文献について述べている。

本論文は瞬断などのある一般電信回線の通信品質向上を目的として行なった研究である。本論文を要約すれば、この一般的電信回線で生ずる符号歪の調査結果を統計的に整理して、これと誤字数との関係をしめす関係式をもとめ、誤字を数式的に取扱う方途を開いた。これを基本として所要の通信品質をうるための回線規格（瞬断許容回数、経済性にもとづく各部分への符号歪配分）を導き出し、改善すべき部分の分析を行ない、この部分に対する新規設計理論を樹立するなど品質向上を理論的に取扱う方法確立して、この分野に1つの前進を画した。本研究結果を現用電信回線に適用し、その改善をはかった結果、障害は初期の 1/10 以下になり所期の障害件数より少なくし、実際に効果をあげることができた。

ここで行なった研究は加入電信の普及、発展の一助となったばかりでなく通信工学、情報工学における情報伝送技術の学問分野に応用して役立つものと思う。

審 査 結 果 の 要 旨

近年，電子計算機の発達につれて，各種の情報処理，情報伝送の需要が増加し，加入電信の加入者が急激に増加している。このため現用の電信回線の通信量の増加にともなう通信品質の改善が要望されている。著者は長い間，電信回線に関する研究を行ってきたが，特に電信回線の誤り率の算定法を統計的手法を用いて理論解析し，それにもとづく通信品質を改善する方法を研究して来た。本論文はそれらの成果をとりまとめたもので全編 9 章よりなっている。

第 1 章は緒論で，本論文の目的及びその学問分野に関連する研究などについて述べている。

第 2 章では，電信回線の構成と各部の構造について述べている。

第 3 章では，電信回線の各部の符号歪を測定するに必要な符号歪測定装置，符号歪分布統計器を設計，製作し，回線各部の符号歪を測定し，誤字発生の原因，各要因の定量的解析について記述している。その結果より誤字は回線の伝送特性，瞬断，雑音，レベル変動などによる波形歪が，受信機械装置を含む端末装置の動作余裕度を越えたときに発生することを定量的に明らかにしている。また得られた測定結果は電信回線の特性を定量的に示すものとして貴重なものである。

第 4 章では，電信回線の各部の符号歪の統計的処理法を述べ，瞬断等の異常現象のある場合も含めて発生する符号歪は，正規分布の確率関数で表わされることを明らかにしている。

第 5 章では，電信回線の誤字発生に対する余裕度について，理論解析と実験とから詳述し，現用回線の全体の余裕度が約 30 % であることを明らかにしている。

第 6 章では，電信回線における誤字と波形歪との関連を統計的に結びつけて解析する方法を述べ，雑音，レベル変動，周波数変動，及び瞬断などによる波形歪の発生確率から，誤字発生確率と余裕度との関係を推定する理論式を導き，実験結果と対比して，理論式が有用であることを示している。

第 7 章では，許容し得る符号歪を各部分に如何に配分するかについて記述し，第 8 章では，現用回線を改善する対策について述べ，そのために必要な各種送受信機器の新規設計法を理論と実験より明確に示し，符号歪を前章の許容偏差内におさめ得ることを明らかにしている。

第 9 章は結論である。

以上要するに，本論文は従来研究の少なかった電信回線について，その誤字発生の要因を明らかにし，波形歪発生確率，瞬断発生確率，余裕度等の概念を用いて誤字発生確率の理論式を導き，それを現用回線に適用し，電信回線の通信品質改善よりみたシステム設計理論を確立したもので，通信工学に資するところ少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。